

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-180190

(43)Date of publication of application : 26.06.2002

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C21D 9/46  
C22C 38/14

(21)Application number : 2000-372462

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 07.12.2000

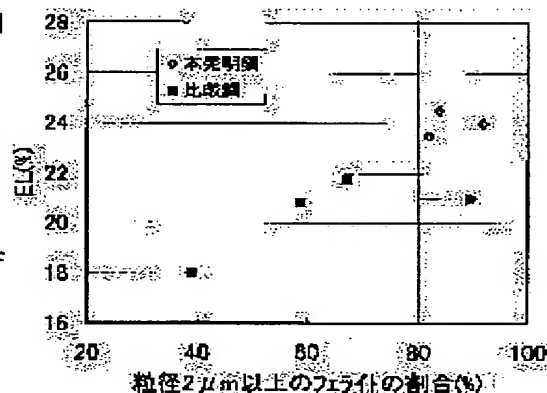
(72)Inventor : OKADA HIROYUKI  
ASO TOSHIMITSU  
OKAMOTO TSUTOMU

(54) HIGH STRENGTH HOT ROLLED STEEL SHEET HAVING EXCELLENT HOLE EXPANDABILITY AND DUCTILITY AND ITS PRODUCTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength hot rolled steel sheet which has strength of  $\geq 690$  N/mm<sup>2</sup>, and combines high hole expandability and ductility, and to provide a method for producing the steel sheet.

SOLUTION: Steel having a composition containing, by mass, 0.01 to 0.08% C, 0.30 to 1.50% Si, 0.50 to 2.50% Mn,  $\leq 0.03\%$  P,  $\leq 0.005\%$  S and one or two kinds of 0.01 to 0.20% Ti and 0.01 to 0.04% Nb, and the balance iron with inevitable impurities is hot-rolled into a steel sheet with a ferrite-bainite dual steel structure in which the ratio of ferrite with a grain size of  $\geq 2 \mu\text{m}$  is  $\geq 80\%$ . Further, the steel sheet may contain one or two kinds of Ca and rare earth metals by 0.0005 to 0.01%.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-180190

(P2002-180190A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002.6.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 W 4 K 0 3 7
C 2 1 D 9/46		C 2 1 D 9/46	T
C 2 2 C 38/14		C 2 2 C 38/14	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-372462(P2000-372462)

(22) 出願日 平成12年12月7日 (2000.12.7)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 岡田 浩幸

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

(72) 発明者 麻生 敏光

愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

(74) 代理人 100078101

弁理士 綿貫 達雄 (外2名)

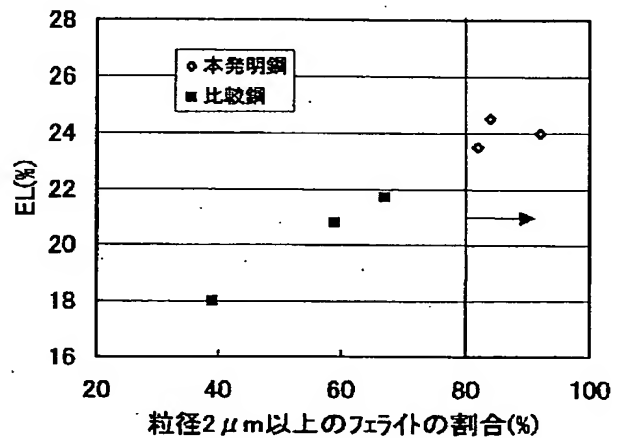
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高い穴抜け性と延性を併せ持つ強度 690N/mm<sup>2</sup> 以上の高強度熱延鋼板およびその鋼板の製造方法を提供する。

【解決手段】 質量%で、C 0.01~0.08%、Si 0.30 ~ 1.50%、Mn 0.50 ~ 2.50%、P ≤ 0.03%、S ≤ 0.005%、及びTi 0.01 ~ 0.20%、Nb 0.01 ~ 0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免的不純物からなる鋼を熱間圧延して、鋼組織を粒径 2μm以上のフェライトの割合が80%以上であるフェライト・ベイナイト二相組織の鋼板となす。なお、鋼板はCa、REMの1種または2種を0.0005~0.01%含有することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量%で、C 0.01~0.08%、Si 0.30 ~ 1.50%、Mn 0.50 ~2.50%、P ≤0.03%、S ≤0.005%、及びTi 0.01 ~0.20%、Nb 0.01 ~0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免の不純物からなる高強度熱延鋼板であって、鋼組織が粒径 2μm以上のフェライトの割合が80% 以上であるフェライト・ベイナイト二相組織で、強度が690N/mm<sup>2</sup> 以上であることを特徴とする穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項2】 Ca、REM の1種または2種を0.0005~0.01%含有する請求項1記載の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項3】 圧延終了温度をAr<sub>3</sub> 変態点~950℃として熱間圧延を終了したのち20℃/sec以上の冷却速度にて650~800℃にまで冷却し、次いで2~15秒空冷したのち、さらに20℃/sec以上の冷却速度にて350~600℃に冷却して巻き取ることを特徴とする請求項1または2記載の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主としてプレス加工される自動車足廻り部品等を対象とし、1.0~6.0mm程度の板厚で、690N/mm<sup>2</sup> 以上の強度を有する穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、自動車の環境問題を契機に燃費改善対策としての車体軽量化、部品の一体成形化によるコストダウンのニーズが強まり、プレス加工性に優れた高強度熱延鋼板の開発が進められてきた。従来、かかる加工用高強度熱延鋼板としては、フェライト・マルテンサイト組織、フェライト・ベイナイト組織からなる混合組織のもの、或いはベイナイト、フェライト主体のほぼ単相組織のものが広く知られている。

【0003】しかし、フェライト・マルテンサイト組織においては、変形の初期からマルテンサイトの周囲にミクロボイドが発生して割れを生じるため、穴抜け性に劣る問題があり、足廻り部品等の高い穴抜け性が要求される用途には不向きであった。

【0004】また、特開平4-88125号公報、特開平3-180426号公報には、ベイナイトを主体とした組織を有する鋼板が開示されているが、ベイナイトを主体とした組織であるため穴抜け性は優れるものの、軟質なフェライト相が少ないので延性に劣る。さらに、特開平6-172924号公報、特開平7-11382号公報ではフェライトを主体とした組織を有する鋼板が開示されているが、同様に穴抜け性は優れているものの、強度を確保するために硬質な炭化物を析出させているので延性に劣る。

【0005】また、特開平6-200351号公報にはフェライト・ベイナイト組織を有する穴抜け性、延性に優れた鋼板が開示されており、特開平6-293910号公報には2段冷却を用いることによってフェライト占有率を制御することで穴抜け性、延性が両立する鋼板の製造方法が開示されている。しかしながら、自動車のさらなる軽量化、部品の複雑化等を背景にさらに高い穴抜け性、延性が求められ、最近の高強度熱延鋼板には上記した技術では対応しきれない高度な加工性が求められている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記した従来の問題点を解決するためになされたものであって、690N/mm<sup>2</sup> 以上の高強度化に伴う穴抜け性と延性の劣化を防ぎ、高強度であっても高い穴抜け性と延性を有する高強度熱延鋼板およびその鋼板の製造方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためになされた本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板は、質量%で、C 0.01~0.08%、Si 0.30 ~1.50%、Mn 0.50 ~2.50%、P ≤0.03%、S ≤0.005%、及びTi 0.01 ~0.20%、Nb 0.01 ~0.04%の1種または2種を含有し、残部鉄及び不可避免の不純物からなる高強度熱延鋼板であって、鋼組織が粒径 2μm以上のフェライトの割合が80% 以上であるフェライト・ベイナイト二相組織で、強度が690N/mm<sup>2</sup> 以上であることを特徴とするものである。なお、高強度熱延鋼板はCa、REM の1種または2種を0.0005~0.01%含有することができる。

【0008】また、本発明の穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法は、圧延終了温度をAr<sub>3</sub> 変態点~950℃として熱間圧延を終了したのち20℃/sec以上の冷却速度にて650~800℃にまで冷却し、次いで2~15秒空冷したのち、さらに20℃/sec以上の冷却速度にて350~600℃に冷却して巻き取ることを特徴とするものである。

## 【0009】

【発明の実施の形態】高強度熱延鋼板において、穴抜け性と延性とは相反する傾向を示すことは良く知られている。本発明者らは上記課題を解決するために鋭意研究した結果、フェライト・ベイナイト鋼においてフェライト結晶粒をできる限り一定値以上の粒径とすることによって穴抜け性を劣化させることなく延性が改善できることを知見し、本発明を完成するに至った。即ち、フェライト・ベイナイト鋼において延性を高めるフェライトと強度を確保するTiC、NbC からなる析出物に着目し、フェライト粒を十分成長させることにより穴抜け性を低下させずに延性を改善し、その後に析出物を生成させて強度を確保することによって上記課題を解決したものである。

【0010】本発明において高強度熱延鋼板中のCは0.01～0.08%とする。Cは炭化物を析出して強度を確保するに必要な元素であって0.01%未満では所望の強度を確保することが困難になる。一方、0.08%を超えると延性の低下が大きくなるからである。

【0011】Siは本発明において最も重要な元素の一つであり、有害な炭化物の生成を抑え組織をフェライト主体で残部ベイナイトの複合組織とするに重要であって、またSiの添加により強度と延性を両立させることができる。このような作用を得るためには0.3%以上の添加が必要である。しかし、添加量が増加すると化成処理性が低下するほか点溶接性も劣化するため1.5%を上限とする。なお、Siの範囲を0.9～1.2%とするのが穴抜け性と延性を効果的に両立させることができ望ましい。

【0012】Mnは本発明において重要な元素の一つで、強度の確保に必要な元素であり、このためには0.50%以上の添加を必要とする。しかし、2.5%を超えて多量に添加するとミクロ偏析、マクロ偏析が起こりやすくなり、穴抜け性を劣化させる。なお、穴抜け性と延性を効果的に両立させるにはMnの範囲を1.00～1.50%とするのが望ましい。

【0013】Pはフェライトに固溶してその延性を低下させるので、その含有量は0.03%以下とする。また、SはMnSを形成して破壊の起点として作用し著しく穴抜け性、延性を低下させるので0.005%以下とする。

【0014】Ti、Nbも本発明において最も重要な元素の一つであり、TiC、NbCなどの微細な炭化物を析出させて強度を確保するに有効な元素である。この目的のためにはTi 0.05～0.20%、Nb 0.01～0.04%の1種または2種を添加することが必要である、Tiが0.05%未満、Nbが0.01%未満では強度を確保することが困難であり、Tiが0.20%、Nbが0.04%を超えると析出物が多量生成しすぎて延性が劣化するからである。

【0015】Ca、REMは硫化物系介在物の形態を制御し穴抜け性の向上に有効な元素である。この形態制御効果を有効ならしめるためにはCa、REMの1種または2種を0.0005%以上の添加するのが望ましい。一方、多量の添加は硫化物系介在物の粗大化を招き、清浄度を悪化させて延性を低下させるのみならず、コストの上昇を招くので、上限を0.01%とする。

【0016】フェライト粒径の大きさは、本発明において最も重要な指標の一つである。本発明者らは鋭意研究した結果、粒径が2 $\mu$ m以上のフェライトの占める面積率が80%以上となると穴抜け性と延性が共に優れた性能になることも見出した。即ち、図1（引張強さ780～820N/mm<sup>2</sup>、 $\lambda$ 値100～115の高強度熱延鋼板の例）に示すように、粒径が2 $\mu$ m以上のフェライト粒の割合が80%以上になると鋼板は高い延性を示す。粒径が2 $\mu$ m未満の場合には結晶粒が十分回復、成長したものと違って、延性低下の原因となる。このことより、穴抜け

性、延性を良好にして両立させるには、粒径が2 $\mu$ m以上のフェライト粒の割合を80%以上とする必要がある。なお、より顕著な効果を得るには粒径が3 $\mu$ m以上のフェライト粒の割合を80%以上とするのが望ましい。尚、粒径は各粒の面積を円相当径に換算して求めることができる。

【0017】高強度熱延鋼板における鋼組織はフェライトとベイナイトよりなるものとする。ここで、鋼組織には粒径2 $\mu$ m以上のフェライトが80%以上含まれるので、鋼組織はフェライト80%以上のフェライト・ベイナイト二相組織となる。例えば、本発明の組織としては、2 $\mu$ m以上の粒径のフェライトが80%以上で、残部が2 $\mu$ m未満の粒径のフェライトとベイナイトのもの、又は、2 $\mu$ m以上の粒径のフェライトが80%以上で残部がベイナイトのみのものとするができる。このようにベイナイトを20%以下とするのは、ベイナイトの量がこれより多くなると延性の低下が大きくなるからである。

【0018】高強度熱延鋼板を熱間圧延により製造するに際して、仕上げ圧延終了温度はフェライトの生成を抑え穴抜け性を良好にするためAr<sub>3</sub>変態点以上とする必要がある。しかし、あまり高温にすると組織の粗大化による強度及び延性の低下を招くことになるので仕上げ圧延終了温度は950℃以下とする必要がある。

【0019】圧延終了直後に鋼板を急速冷却することは高い穴抜け性を得るために重要であって、その冷却速度は20℃/sec以上を必要とする。20℃/sec未満では穴抜け性に有害な炭化物形成を抑制するのが困難となるからである。

【0020】鋼板の急速冷却を一旦停止して空冷を施すことはフェライトを析出してその占有率を増加させ、延性を向上させるために重要である。しかしながら、空冷開始温度が650℃未満では穴抜け性に有害なパーライトが早期より発生する。一方、空冷開始温度が800℃を超える場合にはフェライトの生成が遅く空冷の効果が得にくいばかりでなく、その後の冷却中におけるパーライトの生成が起こりやすい。従って、空冷開始温度は650～800℃とする。また、空冷時間が15秒を超えてもフェライトの増加は飽和するばかりでなく、その後の冷却速度、巻取温度の制御に負荷がかかる。従って、空冷時間は15秒以下とする。なお、空冷時間が2秒未満ではフェライトを十分析出させることはできない。

【0021】空冷後は再度鋼板を急速に冷却するが、その冷却速度はやはり20℃/sec以上を必要とする。20℃/sec未満では有害なパーライトが生成し易くなるからである。そして、この急冷の停止温度、即ち巻取温度は350～600℃とする。巻取温度が350℃未満では穴抜け性に有害な硬質のマルテンサイトが発生するためであり、一方、600℃を超えると穴抜け性に有害なパーライト、セメンタイトが生成し易くなるからである。

【0022】以上のような成分と熱延条件の組み合わせ

10

20

30

40

50

により、鋼組織が粒径  $2\mu\text{m}$  以上のフェライトの割合が80%以上であるフェライト・ベイナイト二相組織であって、強度 $690\text{N}/\text{mm}^2$ 以上である穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板を製造することができる。更に、本発明鋼板の表面に表面処理（例えば亜鉛メッキ等）が施されていても本発明の効果をも有し、本発明を逸脱するものではない。

【0023】

\*

No.	化学成分(質量%)									仕上温度 ℃	空冷開始 温度、℃	巻取温度 ℃	区分
	C	Si	Mn	P	S	Ti	Nb	Ca	REM				
1	0.03	1.05	1.80	0.006	0.001	0.120	-	-	-	910	710	500	本発明例
2	0.03	0.95	1.55	0.006	0.001	0.150	-	0.0025	-	900	700	500	本発明例
3	0.03	1.25	1.15	0.006	0.001	0.140	0.030	0.0025	-	900	720	450	本発明例
4	0.04	1.45	1.00	0.006	0.001	0.150	-	-	-	920	720	480	本発明例
5	0.04	1.35	1.65	0.006	0.001	0.120	0.030	-	-	900	670	520	本発明例
6	0.04	0.65	1.50	0.006	0.001	0.100	-	0.0025	-	920	700	500	本発明例
7	0.05	1.35	1.75	0.006	0.001	0.180	0.030	0.0025	-	880	700	400	本発明例
8	0.05	0.85	1.40	0.006	0.001	0.150	-	-	-	890	650	480	本発明例
9	0.06	1.20	1.05	0.006	0.001	0.135	0.030	-	-	900	740	480	本発明例
10	0.06	1.35	1.25	0.006	0.001	0.135	-	0.0025	-	930	700	570	本発明例
11	0.04	0.95	1.35	0.006	0.001	0.125	0.025	-	0.0025	910	690	510	本発明例
12	0.03	0.51	1.45	0.071	0.001	0.248	-	-	-	860	660	550	比較例
13	0.03	0.51	1.48	0.010	0.001	0.151	0.013	-	-	870	680	450	比較例
14	0.04	0.70	2.20	0.013	0.002	0.130	0.020	-	-	850	650	500	比較例
15	0.04	0.99	1.98	0.019	0.001	0.120	0.030	0.0030	-	870	680	480	比較例
16	0.04	0.51	1.51	0.012	0.001	0.250	-	-	-	890	680	350	比較例
17	0.04	0.51	1.51	0.011	0.001	0.150	0.013	-	-	890	670	500	比較例
18	0.05	0.90	2.00	0.018	0.003	0.080	0.030	-	-	900	670	450	比較例
19	0.05	0.68	1.59	0.017	0.002	0.220	-	-	-	890	720	500	比較例
20	0.05	0.52	1.50	0.018	0.001	0.150	0.032	0.0030	-	920	700	520	比較例
21	0.06	0.76	1.53	0.019	0.005	0.250	-	-	-	920	680	500	比較例

【0025】

※ ※ 【表2】

No.	引張強さ $\text{N}/\text{mm}^2$	伸び %	$\lambda$ 値 %	組織	粒径 $2\mu\text{m}$ 以上の フェライトの割合(%)	区分
1	800	23.5	113	F+B	82	本発明例
2	793	24.0	118	F+B	85	本発明例
3	832	18.0	118	F+B	88	本発明例
4	783	24.5	103	F+B	84	本発明例
5	853	17.0	115	F+B	83	本発明例
6	717	22.0	122	F+B	89	本発明例
7	976	15.0	108	F+B	89	本発明例
8	782	24.0	115	F+B	92	本発明例
9	825	18.0	118	F+B	86	本発明例
10	782	24.0	120	F+B	83	本発明例
11	794	23.5	119	F+B	82	本発明例
12	843	15.0	105	F+B	44	比較例
13	845	13.0	100	F+B	37	比較例
14	819	22.0	80	F+B	76	比較例
15	786	21.7	108	F+B	68	比較例
16	888	13.0	110	F+B	32	比較例
17	805	18.0	102	F+B	39	比較例
18	803	23.0	85	F+B	77	比較例
19	825	18.0	162	F+B	57	比較例
20	802	20.8	114	F+B	59	比較例
21	832	17.0	145	F+B	48	比較例

注) F:フェライト、B:ベイナイト、

【0026】このようにして得られた熱延鋼板について、JIS5号試験片による引張試験、穴抜け試験、組織観察を行なった。組織観察においては、ナイタールで腐食後、走査電子顕微鏡にてフェライト、ベイナイトを同定し、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のフェライトの面積率を画像解析により測定した。また、穴抜け試験は初期穴径( $d_0$ : 10mm)の打抜き穴を $60^\circ$ 円錐ポンチにて押し抜け、クラ

\* 【実施例】表1に示す化学成分組成を有する鋼を転炉溶製して、連続鋳造によりスラブとし、同じく表1に示す熱延条件にて圧延・冷却し、板厚 $2.6 \sim 3.2\text{mm}$ の熱延鋼板を製造した。なお、急速冷却の速度を $40^\circ\text{C}/\text{sec}$ 、空冷時間は10秒とした。

【0024】

【表1】

ックが板厚を貫通した時点での穴径( $d$ )から穴抜け値( $\lambda$ 値) $= (d-d_0)/d_0 \times 100$ を求めて評価した。これらの結果を表2に示す。

【0027】No. 1~11は、化学成分、仕上温度、空冷開始温度、巻取温度の何れも本発明の範囲内であって、組織がフェライト・ベイナイトよりなり、且つ、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のフェライトの割合が80%以上である本発

明例であり、高い $\lambda$ 値と伸びを有する穴抜け性と延性に優れた高強度熱延鋼板である。一方、No. 12~21の本発明の条件を外れた比較例のものは強度、穴抜け性、延性のバランスに劣るものである。

【0028】また、表には示していないが、No. 1に示す成分の鋼を用いて仕上温度 920℃、空冷開始温度 625℃、巻取温度 460℃として熱間圧延した場合には空冷開始温度が本発明の範囲より低過ぎたために組織にパーライトが生成し、また粒径 2  $\mu$ m以上のフェライトの面積率も75%と低いものであって、従って伸び19%、 $\lambda$ 値 95%となり、穴抜け性、延性バランスの劣るものとなってしまった。また、同様にNo. 1に示す成分の鋼を用いて仕上温度 910℃、空冷開始温度 680℃、巻取温度 320℃として熱間圧延した場合には巻取温度が本発明の範囲より低過ぎたために組織にマルテンサイトが生成し、また粒径 2  $\mu$ m以上のフェライトの面積率も63%と低い\*

\*ものであって、このため伸び20%、 $\lambda$ 値63%となり、やはり穴抜け性、延性バランスの劣るものとなってしまった。

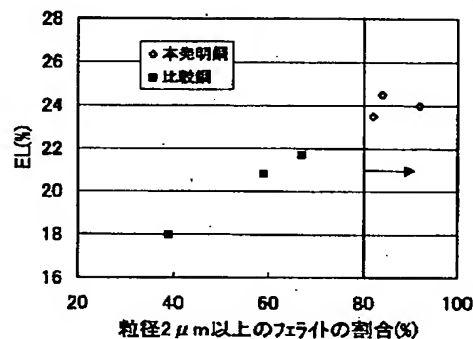
【0029】

【発明の効果】以上に詳述したように、本発明によれば引張強度が690N/mm<sup>2</sup>以上の高強度であって穴抜け性、延性が両立する高強度熱延鋼板を経済的に提供することができる。本発明は高い加工性を有する高強度熱延鋼板として好適である。また、本発明の高強度熱延鋼板は車体の軽量化、部品の一体成形化、加工工程の合理化が可能であって、燃費の向上、製造コストの低減を図ることができるものとして工業的価値大なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 高強度熱延鋼板における粒径 2  $\mu$ m以上のフェライトの割合と伸びとの相関を示す散布図である。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 岡本 力  
愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株  
式会社名古屋製鐵所内

Fターム(参考) 4K037 EA05 EA15 EA16 EA19 EA23  
EA25 EA27 EA28 EA31 EB05  
EB08 EB09 EB11 FC04 FC07  
FD03 FD08 FE06 JA06 JA07